

(51)Int.Cl.⁵
G 0 1 N 25/72識別記号 庁内整理番号
K 6928-2J

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-133269

(22)出願日 平成5年(1993)6月3日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 桑野 博喜

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 藤原 幸一

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

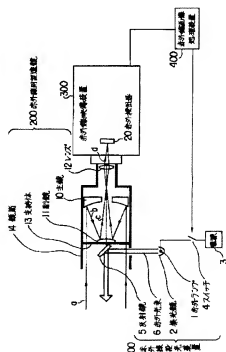
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 塗装膜劣化検査方法及び検査装置

(57)【要約】

【目的】本発明は、天候、時間に左右されず、遠隔的に塗装膜の劣化を判定する塗装膜劣化検査方法及び検査装置を提供することを目的とする。

【構成】本発明は、赤外線を被検査塗装膜に投光する赤外線投光装置100と、前記被検査塗装膜を捕捉する赤外線用望遠鏡200と、前記被検査塗装膜の温度分布を測定する赤外線映像装置300と、前記被検査塗装膜の温度分布から劣化部を判定する赤外線画像処理装置400とを具備して構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検査塗装膜を遠隔的に熱動起する熱動起工程と、該被検査塗装膜の温度分布を非接触測定する非接触測定工程と、前記熱動起工程によって誘起される温度分布から劣化部を判定する劣化部判定工程とからなることを特徴とする塗装膜劣化検査方法。

【請求項2】 前記熱動起工程が、集光された赤外線ビームを一時的に照射することによってなされることを特徴とする請求項1記載の塗装膜劣化検査方法。

【請求項3】 前記非接触測定工程が、波長3 μ mから6 μ m帯あるいは波長8 μ mから14 μ m帯の赤外線を検知する赤外線映像装置によってなされることを特徴とする請求項1記載の塗装膜劣化検査方法。

【請求項4】 前記劣化部判定工程が、定められた視野中の同一赤外線画像における最高温度と最低温度を測定し、その温度差が予め定められた温度、あるいは該温度差が最大になる時点の温度分布画像を対象としてなされることを特徴とする請求項1記載の塗装膜劣化検査方法。

【請求項5】 赤外線を被検査塗装膜に投光する赤外線投光装置と、前記被検査塗装膜を捕捉する赤外線用望遠鏡と、前記被検査塗装膜の温度分布を測定する赤外線映像装置と、前記被検査塗装膜の温度分布から劣化部を判定する赤外線画像処理装置とを具備することを特徴とする塗装膜劣化検査装置。

【請求項6】 前記赤外線投光装置が、前記赤外線用望遠鏡に組み込まれ、同軸照明であることを特徴とする請求項5記載の塗装膜劣化検査装置。

【請求項7】 前記赤外線用望遠鏡が、被検査塗装膜捕捉用の低倍率望遠鏡を具備した反射型望遠鏡であることを特徴とする請求項5記載の塗装膜劣化検査装置。

【請求項8】 前記赤外線画像処理装置が、赤外線映像装置からの映像出力を切り出す測定視野限定回路と、該測定視野中の最高温度と最低温度を検出する検出回路を有し、該最高温度と該最低温度の温度差を演算する演算回路と、予め登録された温度と前記温度差とを比較する比較回路と、該比較回路の出力に基づき赤外線画像をフリーズする回路と、該回路のフリーズ時点を外部に通知するトリガー出力回路とを具備することを特徴とする請求項5記載の塗装膜劣化検査装置。

【請求項9】 前記赤外線画像処理装置からのトリガー出力によって赤外線投光装置が投光停止する機能を具備することを特徴とする請求項8記載の塗装膜劣化検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、橋梁、タンク、アンテナ塔等の屋外構造物や建築物の塗装劣化を診断する塗装膜劣化検査方法及び検査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】屋外に暴露される塗装膜は紫外線、熱、雨水等によって劣化し、放置しておくとき素地の発錆に至る。屋外構造物の美観、資産価値を維持するためには、塗装膜の劣化診断が重要であり、発錆前に塗替える必要がある。塗替え時期、塗替え範囲の判断は、保守経費の経済化を図る上で重要である。

【0003】塗装膜の劣化診断法としては、従来から種々の方法が提案され、実用されてきた。例えば、劣化度見本を併用した目視による主観的検査の他に、塗装膜の厚みを電気化学的に測定する方法、あるいは塗装膜の付着性を調べるクロスカットテスト等の客観的検査法がある。しかしながら、これらの検査法は、被検査対象物の近くで、あるいは、上記の客観検査法の場合、被検査対象物に接触して検査しなければならないため、大型の屋外構造物の塗装膜劣化を遠隔診断することが出来なかった。

【0004】一方、本発明に関わる、赤外線映像装置による建築物の外壁タイルの剝離診断方法は、遠隔的に診断する方法であり、その原理は、太陽の放射熱によって温められたタイルの剝離部と健全部におけるタイル表面の温度差を測定することによって、剝離部を検出する方法である。すなわち、健全部ではタイル表面の熱はスムーズにコンクリートに伝達されるが、剝離部ではその界面に熱の不良媒体である空気が介在しているため、熱が逃げにくくなり、健全部に比べタイル表面温度が高くなる現象を利用している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の赤外線診断法は太陽を熱源とする受動的検査法であるため、天候、時間、場所に左右される欠点があった。また、本発明者らの研究によれば、太陽を熱源とする方法の場合、塗装膜は厚さが薄いため、自然状態では、塗装膜表面と素地の温度差がほとんど生じないことが分かった。そのため、従来の赤外線診断法は塗装膜の劣化診断には適用できなかった。

【0006】さらに、従来の赤外線診断法はタイルやモルタル等の大きな対象物の剝離の有無を診断すれば良かったが、本発明が対象とする塗装膜の場合、塗装膜の劣化初期においては、検知すべき態は、はがれ、クラックは塗装膜の狭い範囲で発生しているため、遠隔的に診断するためには、赤外線映像装置の位置分解能が必要である。

【0007】本発明は上記の事情に鑑みてなされたもので、天候、時間に左右されず、遠隔的に塗装膜の劣化を判定する塗装膜劣化検査方法及び検査装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の塗装膜劣化検査方法は、被検査塗装膜を遠隔的に熱動起する熱動起工程と、該被検査塗装膜の温度分

布を非接触測定する非接触測定工程と、前記熱励起工程によって誘起される温度分布から劣化部を判定する劣化部判定工程とからなることを特徴とするものである。

【0009】又、前記熱励起工程が、集光された赤外線ビームを一時的に照射することによってなされることを特徴とするものである。

【0010】又、前記非接触測定工程が、波長 $3\mu\text{m}$ から $6\mu\text{m}$ 帯あるいは波長 $8\mu\text{m}$ から $14\mu\text{m}$ 帯の赤外線を検知する赤外線検出装置によってなされることを特徴とするものである。

【0011】又、前記劣化部判定工程が、定められた視野中の同一赤外線画像における最高温度と最低温度を測定し、その温度差が予め定められた温度、あるいは該温度差が最大となる時点の温度分布画像を対象としてなされることを特徴とするものである。

【0012】又、本発明の塗装膜劣化検査装置は、赤外線を検査塗装膜に投光する赤外線投光装置と、前記被検査塗装膜を捕捉する赤外線用望遠鏡と、前記被検査塗装膜の温度分布を測定する赤外線検出装置と、前記被検査塗装膜の温度分布から劣化部を判定する赤外線画像処理装置とを具備することを特徴とするものである。

【0013】又、前記赤外線投光装置が、前記赤外線用望遠鏡に組み込まれ、同軸照明であることを特徴とするものである。

【0014】又、前記赤外線用望遠鏡が、被検査塗装膜捕捉用の低倍率望遠鏡を具備した反射型望遠鏡であることを特徴とするものである。

【0015】又、前記赤外線画像処理装置が、赤外線検出装置からの映像出力を切り出す測定視野限定回路と、該測定視野中の最高温度と最低温度を検出する検出回路を有し、該最高温度と該最低温度の温度差を演算する演算回路と、予め登録された温度と前記温度差とを比較する比較回路と、該比較回路の出力に基づき赤外線画像をフリーズする回路と、該回路のフリーズ時点を外部に通知するトリガー出力回路とを具備することを特徴とするものである。

【0016】又、前記赤外線画像処理装置からのトリガー出力によって前記赤外線投光装置が投光停止する機能を具備することを特徴とするものである。

【0017】

【作用】本発明の塗装膜劣化検査法は、従来の赤外線診断法の欠点を改良したものであって、被検査塗装膜を能動的に熱励起することが一つの特徴である。本発明者らは、赤外線検出装置を劣化した被検査塗装膜に向け、塗装膜の劣化診断を試みたが、均一な前像しか得られず、劣化判定は不可能であった。その理由は、塗装膜のように膜厚が例えば 1mm 以下の薄い被検査対象体では、通常太陽熱で定期的に温められているから、塗装膜表面と下地面の温度はほぼ同じであり、塗装膜が剥離していても温度差がつかないためである。

【0018】本発明は、塗装膜表面を短時間加熱し、温度上昇の過渡特性を利用することにより、劣化した塗装膜と健全な塗装膜を識別するため、天候、時間に左右されず、遠隔的に塗装膜の劣化を判定することができる。

【0019】

【実施例】図3、図4は本発明の塗装膜劣化検査法の原理を模式的に説明する図であって、図3は塗装したモデル部材の断面図であり、1000は塗装下地、2000は塗装膜、3000はモデル部材加熱用の赤外線ランプである。そして、Aは健全塗装膜部、Bは腫れが生じた劣化塗装膜部を示す。劣化塗装膜部Bは塗装膜2000と塗装下地1000の界面に空気が介在しているため、塗装下地1000方向への熱伝導率は健全塗装膜部Aよりも劣っている。なお、通常、屋外構造物は鋼鉄製であるから、塗装膜2000よりも塗装下地1000の方が熱伝導率は良い。

【0020】図4は健全塗装膜部A、劣化塗装膜部Bの温度変化の時間依存性であって、図4(a)は赤外線ランプ消灯時、図4(b)は赤外線ランプ点灯直後、図4(c)は赤外線ランプ加熱後に消灯した場合である。なお、健全塗装膜部A、劣化塗装膜部Bの温度は、市販の赤外線検出装置を用いれば非接触で求めることが出来る。図4(a)の赤外線ランプ消灯時の場合は、健全塗装膜部A、劣化塗装膜部Bともに同温度であり、時間依存性はない。図4(b)の赤外線ランプ点灯直後の場合は、劣化塗装膜部Bの温度上昇が健全塗装膜部Aよりも早い。長時間赤外線ランプで加熱すると健全塗装膜部A、劣化塗装膜部B共に同温度になる。そして、この状態で赤外線ランプを切った図4(c)の場合は、健全塗装膜部Aの温度の方が劣化塗装膜部Bよりも早く低下する。

【0021】このようにして、塗装膜2000表面を短時間加熱すれば、健全塗装膜部Aと劣化塗装膜部Bの温度差を人工的に過渡的につくり出すことが出来る。劣化初期の塗装膜を微観に検出するためには、温度差が最も大きくなる条件、例えば、図4(b)の場合は矢印で示した時間後に測定することが望ましい。

【0022】塗装膜2000表面の温度分布測定は、非接触測定をする必要があるため、検出波長が $3\mu\text{m}$ から $6\mu\text{m}$ 帯のInSb赤外線検出器、あるいは、赤外線固体撮像素子、 $8\mu\text{m}$ から $14\mu\text{m}$ 帯のHgCdTe赤外線検出器が内蔵された赤外線検出装置を用いて行うことが望ましい。

【0023】本発明の他の特徴は、健全塗装膜部と劣化塗装膜部の温度差が最大になる最適条件で被検査膜が自動検査される点にある。すなわち、上述した、能動的熱励起と温度差分布の測定が連動して行われるようになっているから、温度差が最も大きくなる条件で温度分布画像がフリーズ・録画され、赤外線ランプは自動消灯される。そして、このフリーズ画像を対象として、オンラインあるいはオフラインで画面中に存在する劣化塗装膜部

の位置、面積等が算出される。このような特徴があるから、検査者は本発明の塗装膜検査装置を被検査膜に向け、測定開始ボタンを押すだけで検査結果が自動的に表示される。

【0024】前述の最適条件を自動的に見つける方法としては、例えば次のような方法を取ることができる。すなわち、塗装膜劣化検査装置の測定開始ボタンを押すと、被検査膜の熱膨起がスタートし、赤外線映像装置の測定画面中に現われる最高温度と最低温度をリアルタイムで測定し、その温度差の時間依存性を調べる。そして、その温度差が最高あるいは予め定められた温度に達した時点の温度分布画像をフリーズするとともに、熱膨起を停止する。同一画像中の最高温度と最低温度を選んだ理由は、最高温度は、劣化塗装膜中で素地との熱伝導が最も悪い部分において発生し、最低温度は健全塗装膜部分において見られるからである。

【0025】次に、本発明の他の特徴を説明する。本発明の塗装膜劣化検査方法によれば、赤外線映像装置は標準装備の赤外線用望遠鏡によって遠隔地の被検査塗装膜を、数ミリ程度の分解能で検査することが出来る。該望遠鏡は、本発明特有の熱膨起のための赤外線を同軸照射できるようにしているから、熱膨起領域と測定領域は自動的にアライメントされている。望遠鏡としては、50m遠方の塗装膜を検査するには、例えば、視野角2.5度以下の超望遠鏡を使用することが望ましい。

【0026】以下に図面を参照して本発明をより具体的に記述するが、以下に示すものは本発明の一実施例にすぎず、本発明の技術的範囲を何等制限するものではない。

【0027】図1は本発明の第1の実施例を示す塗装膜劣化検査装置の概略説明図であって、赤外線投光装置100、赤外線用望遠鏡200、赤外線映像装置300、赤外線画像処理装置400から構成されている。赤外線投光装置100は、赤外線ランプ1、集光鏡2、電源3、スイッチ4、反射鏡5から成っている。赤外線用望遠鏡200は、主鏡10、副鏡11、レンズ12、支持体13、鏡筒14から成っている。赤外線映像装置300は例えば市販の赤外線映像装置（三菱サマルイメジャー、三菱電機製 1R-M300）等であり、赤外線検出器20の他に、図には示していないが該赤外線検出器20の冷却用のスターリングサイクルクーラが内蔵されている。

【0028】次に、赤外線投光装置100の構成部品、装置類の機能並びに動作を説明する。赤外線ランプ1はタンクステンフィラメントを光源とするものであって、放射された赤外線、並びに可視光線は放物面型の集光鏡2によって、平行ビームに形成され、赤外線光6となって赤外線用望遠鏡200の鏡筒14の側面に入射される。入射された赤外線6は、支持体13に取り付けられた反射鏡5によって赤外線用望遠鏡200と同軸で被検査

塗装膜に投光される。スイッチ4は、後述する赤外線画像処理装置400からのトリガーによって、自動的に消灯されるようになっている。

【0029】赤外線用望遠鏡200は、焦点距離200mmのカセグレン式の反射望遠鏡であって、主鏡10、副鏡11、レンズ12と、副鏡11並びに反射鏡5を固定支持するための支持体13、及びこれらの光学部品を収容する鏡筒14から構成されている。赤外線用望遠鏡200に入った入射光線aは主鏡10によって反射され、光線bとなって副鏡11に入射し、反射光線cはシリコン製レンズ12で屈折され、屈折光dは赤外線検出器20に入る。

【0030】なお、図1には示していないが、前記赤外線用望遠鏡200には、遠方度の被検査塗装膜を捕捉するための倍率2倍の低倍率望遠鏡が取り付けられている。該低倍率望遠鏡は、視野中に十字線が入っているから、検査対象を十字線に合わせるように、赤外線映像装置300の向きを調節すればよい。このような低倍率望遠鏡を併用した理由は、本実施例の焦点距離200mmの望遠鏡のみの場合、視野角は 1.8×1.4 度であり、ごく狭い視野のみを大きく拡大することになるから、検査対象の捕捉が非常に困難になるためである。

【0031】次に、赤外線画像処理装置400の機能を説明する。図2は本発明の中核を担う赤外線画像処理装置400の回路ブロック図であって、測定視野限定回路30と、該測定視野中の最高温度を検出する最高温度検出回路31と、同最低温度検出回路32と、該最高温度と該最低温度の温度差を演算する温度差演算回路33と、最高温度差を登録する最高温度差メモリ回路34と、登録温度差メモリ35と、切換器36と、温度差比較回路37、赤外線画像フリーズ回路38と、劣化面積演算・表示回路39と、トリガ出力回路40とから構成されている。

【0032】測定視野限定回路30は、赤外線映像装置300からの映像出力を切り出すための回路である。画像切り出しは、カーソルキーによって、上下左右、任意の面積を切り出せるようになっている。本発明の検査方法に従えば、例えば、青空を背景にした鉄塔の塗装膜を検査する場合、赤外線画像中の背景画像を除去する必要がある。なぜならば、後述の、最低温度検出回路32は健全塗装膜部の温度を検出するためのものであるが、背景画像が含まれている場合、最低温度は通常背景画像部で検出され、赤外線投光装置100を動作させても最低温度は変わらず、健全塗装膜部の温度検出が不可能になるからである。

【0033】最高温度検出回路31、最低温度検出回路32は前記測定視野限定回路30の映像出力に対してなされ、1画像フレーム中の最高温度と最低温度がほぼリアルタイムで検出される。

【0034】温度差演算回路33は前記最高温度と最低

温度の減算回路である。そして、その温度差は最高温度差メモリ回路34によって、前記温度差演算回路33から刻々送られて来る温度差の時系列中で最高温度のみが更新登録される。

【0035】登録温度差メモリ35は、手動で設定した温度を登録するものである。切換器36は前記最高温度差と登録温度差のいずれかを切り換えるものである。

【0036】さて、前記温度差演算回路33と切換器36の出力は、温度差比較回路37によって実測温度差と登録温度差が比較される。切換器36が登録温度差メモリ35に接続されている場合、温度差比較回路37で実測温度差と登録温度差が比較され、もし同一であるならば、画像フリーズ回路38によって画像がフィックスされ、劣化面積演算・表示回路39によって検査結果が表示される。また、この場合、トリガ出力回路40によって、赤外線投光装置100のスイッチ4が作動し、赤外線投光が停止される。

【0037】前記切換器36が最高温度差メモリ回路34に接続されている場合、実測温度差と最高登録温度差が比較され、もし、実測温度が低くなった時点で、画像フリーズ回路38によって画像がフィックスされ、劣化面積演算・表示回路39によって検査結果が表示される。また、この場合も同様に、トリガ出力回路40によって、赤外線投光装置100のスイッチ4が作動し、赤外線投光が停止される。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の塗装膜劣

化検査方法及び検査装置によれば、被検査塗装膜を熱励起する手段を具備しているから、天候、日時、場所によらず、塗装膜劣化検査を実施することが出来る。また、赤外線用望遠鏡を具備しているから、微細な塗装膜の膨れやはがれ等を遠隔的に検査することができる。

【0039】本発明は、このような特徴があるので、従来不可能であった、橋梁、タンク、アンテナ鉄塔等の屋外構造物や建物の塗装劣化を、天候、日時、場所によらず、遠隔的に診断することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す塗装膜劣化検査装置の概略構成説明図である。

【図2】図1の赤外線画像処理装置の一例を示す回路ブロック図である。

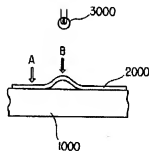
【図3】本発明の塗装膜劣化検査法の原理を説明する塗装部の断面図である。

【図4】本発明の塗装膜劣化検査法の原理を説明する特性図である。

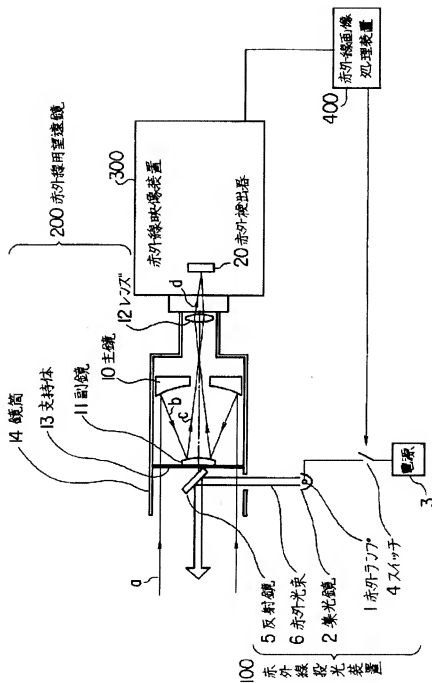
【符号の説明】

1…赤外線ランプ、2…集光鏡、3…電源、4…スイッチ、5…反射鏡、6…赤外光束、10…主鏡、11…副鏡、12…レンズ、13…支持体、14…鏡筒、20…赤外線検出器、100…赤外線投光装置、200…赤外線用望遠鏡、300…赤外線映像装置、400…赤外線画像処理装置、1000…塗装下地、2000…塗装膜、3000…赤外線ランプ。

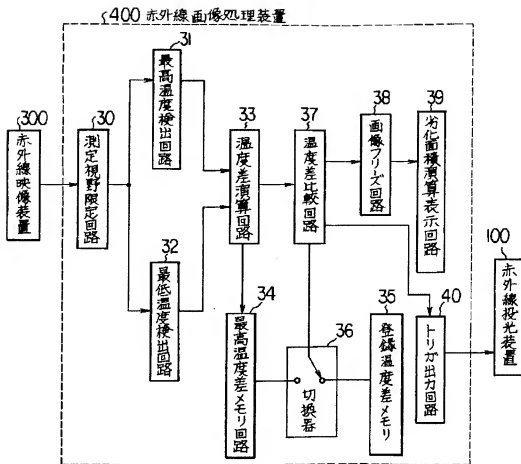
【図3】



【図1】



【図2】



【図4】

